

Vorträge.

Versuch einer naturgemässen Erklärung der ehemaligen Temperatur-Verhältnisse auf dem Erdballe, insbesondere während der älteren Steinkohlen-Periode, so wie auch der Möglichkeit der Entstehung der Steinkohle in den Polar-Gegenden.

Von dem w. M., Dr. Ami Boué.

So wenig unsere ehemaligen Theorien den gründlichen Physikern und Chemikern munden konnten, um so mehr bringen uns die neuen Entdeckungen in der Geologie, Physik und Chemie, mit den Ansichten jener Gelehrten in Übereinstimmung, die, grösstentheils glücklicher als wir, schon die Periode der hohlen Theorien der Baconischen Zeit hinter sich haben, und bei der Zeit der Strenge des mathematischen Beweises angelangt sind. Ohne die ältesten Pflanzen-Anhäufungen gehörig botanisch studirt zu haben, glaubten Geologen sich ermächtigt für die ältere Steinkohlen-Periode ein wenigstens tropisches Klima für die ganze Oberfläche des Erdballes ansprechen zu können. Jetzt kennt man aber die fossilen Floren schon etwas besser, da geschickte Botaniker endlich auch diesem Theile ihres Bereiches ihre Aufmerksamkeit schenkten, und zu gleicher Zeit sowohl grosse Fortschritte in der gründlichen Kenntniss der Insular-Floren, als auch in dem bedeutenden Einflusse der warmen und feuchten Luft auf den Pflanzenwuchs gemacht wurden. Aus diesem Allem stellt sich jetzt heraus, dass die ältere Steinkohlen-Flora eine gemässigte Mittel-Insel-Temperatur von ungefähr 20 bis 25° beurkundet, wie es auch unser Collega Unger ausgesprochen hat.

Andererseits führten scheinbar alle mathematischen und physikalischen Untersuchungen, so wie viele Experimente über die Erd-Temperatur zu den Schlusse, dass der Erdball ehemals feuer-flüssig oder selbst gasartig war, und sich nur nach und nach abgekühlt hat. Wird dieses zugegeben, so ist die Hauptursache des Vorhandenseins der oben erwähnten Temperatur während der Steinkohlen-Periode dadurch gefunden.

Da die Erde damals noch nicht so abgekühlt sein konnte wie jetzt, so war es ihrer Hitze-Ausströmung leicht möglich, ein solches Klima an ihrer Oberfläche hervorzubringen, um so mehr, als wahrscheinlich noch keine grossen Continente und Gebirgsketten über die Wasserfläche hervorragten und es somit nur eine Inselwelt gab. Auf diese Weise wird aber nicht nur die immer wieder hervorgesuchte Hypothese einer Erd-Axen-Verrückung gänzlich unnütz, sondern auch das Übertragen der tropischen Verhältnisse auf die gemässigten und Polar-Zonen während dieses Zeitraumes. Dass damals die Temperatur zwischen den Tropen höher war als jetzt, könnte man darnach logisch schliessen, und gerade durch diese grosse Hitze die gänzliche Abwesenheit oder, wenn man will, nur die grössere Seltenheit der älteren Steinkohlen in jenen Erdgürteln sich möglichst einfach erklären. Die grosse Hitze wie die grosse Kälte sind ja die Feinde des Organischen. Bis zu diesem Augenblick bleibt die ältere Kohle auf dem jetzt unter einer gemässigten Temperatur stehenden Plateau von Bogota der einzige bekannte Fall einer solchen alten Pflanzenanhäufung unter den Tropen. Was die Kohlen Borneo's und der Halbinsel Malacca betrifft, so ist es noch immer nicht hinlänglich bewiesen, dass sie gänzlich oder vielleicht nur theilweise etwas anderes als jüngere oder selbst tertiäre Arten sind.

Wäre dieses alles annehmbar, so würde man ungefähr die mittlere Temperatur unter den Tropen zur Zeit der Steinkohlen-Formation bestimmen können, indem man zu dem jetzigen Werthe dieser Temperatur zwischen den Wendekreisen oder dem von 23.5° bis 30° oder ungefähr 27° R. die Differenz addiren würde, welche zwischen der damaligen mittleren Temperatur der gemässigten Zone und der jetzigen oder zwischen $20-25^{\circ}$ R. und $10-15$ oder 20° R. besteht. Das Resultat wäre 32 bis 37° R. Auf dieselbe Weise käme man auch zur Kenntniss der damals grössten Hitze unter den Tropen, weil man die erwähnten Differenzen der jetzt bekannten grössten Hitze unter den Tropen addiren könnte. Das Resultat würde einen Hitze-grad gleich 43 bis 56° R. geben, so dass die Möglichkeit des organischen Lebens fast ganz ausgeschlossen bliebe, wenn möglicherweise doch hier und da noch Stellen hätten vorhanden sein können, die keiner ganz so hohen Temperatur ausgesetzt gewesen wären.

In meiner Abhandlung „über die plastische Form der Erdoberfläche zu verschiedenen geologischen Zeiten, so wie über die Temperatur-Verhältnisse des Erdballes (Bull. Soc. géol. de Fr. 1852, B. 9, S. 347)“ habe ich schon gezeigt, dass die Grenze des Lebenden selten 56° überschreitet und nur einzelne wenige Wesen unter Temperaturen von 74 und 77° R. oder selbst 98° Cels. aushalten können. Diese letzteren sind nur gewisse Gattungen von Pflanzen, Infusorien, Schwämmen, Korallen und Mollusken. Unter den höheren oder Wirbelthieren ist es nur gewissen gepanzerten Fischen und Reptilien gegönnt, dauernd in einer so bedeutenden Wärme, wie 56° , leben zu können. Ich füge ausdrücklich dauernd hinzu, weil vierfüssige Thiere sowohl, als Menschen noch viel grössere Hitzegrade ertragen können ¹⁾, obgleich sie mit der Zeit darin verschmachten würden, die animalische Hitze der Menschen und warmblutigen Thiere nur $29^{\circ}7$ R. im Durchschnitte erreicht. Darum sich auch die Fauna und Flora der primären Zeiten auf jene der erwähnten Thiere und Pflanzen beschränkt.

Wenn man aber diese damals wahrscheinlich vorhandene hohe Temperatur unter den Tropen nicht leugnen kann, so folgt auch daraus, dass, obgleich die ältere Steinkohlenflora überall auf eine ziemlich gleichmässige Insular-Temperatur hinweist, dieses doch das schon damalige Vorhandensein von eigenen Klimaten für die gemässigten und Polar-Zonen nicht ausschliesst. Wie in unseren Tagen der Lauf der Erde um die Sonne für jene Gegenden unseres Planeten verschiedene Jahreszeiten verursacht, so musste es damals, nur unter anderen Temperaturwerthen, sein, wenn man nicht an den ewig-dauernden Gesetzen der Astronomie zweifeln will.

Erhebt sich der Werth der jetzigen mittleren Temperatur unter den Tropen auf $23^{\circ}5$ bis 30° , so läuft daneben eine Zone von 20° bis $23^{\circ}5$ und höher eine von 20° bis 15° , indem noch weiter gegen die Pole eine von 10 — 5 und eine von 5 — 0 dazu kommt. Ähnliche Isothermen müssen immer bestanden haben, wenn auch nicht so viele Zonen gewesen sein mögen, und der Ausdruck ihrer Werthe anders war. Wenn man sich aber erinnert, dass ich im Jahre 1848 durch paläontologische und geologische Thatsachen nicht nur dieses Vor-

¹⁾ Compt. R. Ac. d. Sc. Paris 1836, B. 1, S. 211 u. Blagden, Lond. phil. Transac. 1773, etc.

handensein der Isothermen, sondern eine der jetzigen Form der Isothermen sehr nahen Ausbreitung, wenigstens schon retrorsum bis zu der jüngsten jurassischen Periode verfolgt habe ²⁾, so sieht man ein, dass es sich nur mehr um den ältesten Theil dieser Paläotemperatur-Vertheilungsverhältnisse handelt. War damals die mittlere Temperatur in den gemässigten Zonen 20 bis 25°, so konnte sie in den Polargegenden doch nur 20 bis 21° betragen, ohne dass dadurch das Leben der jetzt dort begrabenen Steinkohlenpflanzen ganz unmöglich geworden wäre.

Zu gleicher Zeit musste auch, wie heut zu Tage, ein ähnlicher Abstand zwischen den extremen niedrigen und hohen Temperaturen in jenen verschiedenen Zonen vorhanden sein. Wenn man die Extreme der Temperatur in jetzigen Inseln unter einer mittleren Temperatur von 20 bis 25°, wie in den Antillen, als Ausgangsthatsache annimmt, so folgt daraus, dass in der Steinkohlenperiode in den gemässigten Zonen die Temperatur wenigstens bis 12 und 10° fallen und bis 36—42° steigen konnte. Die beiden Werthe mussten sich aber schon etwas anders in den Polarinseln herausstellen, vorzüglich wenn man annehmen könnte, dass da schon nicht nur winterliche Nebel, sondern selbst ein förmlicher Winter war. Wäre es selbst denkbar, dass zu jener Zeit sich schon Eis bilden konnte, so müsste die Temperatur unter Null fallen und nie höher als vielleicht 33° im Sommer gestiegen sein.

Kann Niemand eine Einwendung gegen dieses machen, so wird man unwillkürlich zu der Frage geführt, was geschah während der Winterszeiten in jenen gemässigten Gegenden der Erde? War die Hitze-Ausströmung der Erde noch so bedeutend, um selbst während des Winters dieselbe Mitteltemperatur von 20 bis 25° zu unterhalten oder war dieses nur in gewissen Gegenden der Fall, die näher den Tropen lagen, oder sank im Gegentheile wirklich damals die Mitteltemperatur im Winter in manchen gemässigten Gegenden und vorzüglich gegen die Erdpole?

Kömmt man auf diese Weise zur gründlichen Überzeugung, dass es zu allen Zeiten, wie jetzt auf dem Erdballe Isothermal-Zonen und Klimate gab und dass die entgegengesetzte Meinung keinen Halt

²⁾ Bull. de la soc. géol. de Fr. 1848, B. 3, S. 276—278. Mitthl. d. Fr. d. Naturwiss. in Wien 1848, B. 4, S. 136 u. 201, akad. Sitzungsber. 1850, S. 67.

habe, so müssen sich diese klimatischen Verschiedenheiten in dem verschiedenen Charakter des damals in verschiedenen Gegenden der Erde verschütteten Organischen wieder finden. In der That ist schon etwas Ähnliches entdeckt worden, doch Manches bleibt noch an das Licht zu fördern.

Andererseits sieht es aber ziemlich unwahrscheinlich mit der Anwendung der Regen- und trocknen Zeiten der Tropen für die Erklärung der Bildung jener erstaunlichen Abwechslungen von Erde, Sand, Gerölle und Pflanzentheilen aus. Wenn an dieser Hypothese möglicherweise etwas Wahres wäre, so muss man noch vorzüglich in den Polar- sowie in den nördlichen oder australischen Theilen der gemässigten Zonen die geologischen Hervorbringungen der Winterszeiten berücksichtigen. Ob diese letzteren nicht auch eine bedeutende Rolle in jener scheinbaren fast periodisch wiederkehrenden Ordnung der Erde, Sand, Gerölle und Pflanzentheile gehabt haben mögen. Da aber heut zu Tage die Mittel- und extremen Temperaturen der Winterszeiten verschiedenartig sich gestalten und diese Differenzen in der Folge der Zeiten sich manchmal gar als verschiedene Reihenfolgen von Jahren herausstellen, so musste daraus folgerichtig eine correspondirende Verschiedenheit in den Erd- und Pflanzenablagerungen entstehen. Dieses würde erklären, warum wir in dieser regelmässigen Wiederkehr des Erdigen oder Steinigen, so wie des Organischen, doch manche Sprünge und Verschiedenheiten sowohl in der allgemeinen oder localen Menge der Mächtigkeit des Abgelagerten als in der Reihenfolge der Schichten bemerken. Was sich aber während der häufigsten Regen- und der trockensten Jahreszeiten bildete, muss in allen Fällen seinen eigenen Charakter der Über-, Weg- und Anschwemmung oder der erdigen Ablagerung an sich tragen. Dieses wird in der Folge gewiss wissenschaftlich ausgemittelt werden können, und dann erst werden wir über die wahre Zeitdauer einer solchen Steinkohlenperiode etwas Annäherndes bestimmen können.

Gehen wir zu den Polar Gegenden über, so finden wir, dass daselbst die Schnee- und Eisbildung alle geologischen Formationen nach den älteren Steinkohlen fast unmöglich gemacht hat. Da liegen denn vor unseren Augen noch jene Insular-Gegenden, die zu jener Zeit vorherrschend waren. Wenn aber dieses Aufhören in der Bil-

dung des Anorganischen in jenen Gegenden nach jener Zeit eine Wahrheit ist, so muss dieses natürlich zur Erkenntniss führen, dass schon während der Steinkohlen-Periode die Winterszeiten da viel kälter sein mussten als in der gemässigten Zone, so dass man dadurch neuere Beweise der damaligen verschiedenen Klimate bekommt, und wahrscheinlich davon die Producte in den Polar-Steinkohlen-Ablagerungen erkennen wird.

Diese Betrachtungen können selbst zu der Frage führen, ob diese Winterkälte nicht tödtlich für viele jener damals vorhandenen Pflanzen wirkte; — was man vielleicht durch das Verschiedenartige ihrer Polar-Ablagerung gegen diejenigen in den gemässigten Zonen, auch einmal entdecken wird. Könnte man anderntheils wirklich annehmen, dass dieses der Fall gewesen ist, so fällt die so oft vortragene Schwierigkeit, das Wachsen der Pflanzen ohne Licht im Winter an den Polen zu erklären, ganz weg. Es wäre daselbst zu jener Zeit nichts gewachsen oder nur gewisse Gewächse hätten den Winter überlebt. Doch, wie gesagt, müssten dieses der Bergmann und Geognost durch die Art der Abwechslung und der Lagerung des Anorganischen und Organischen erst beweisen.

Wenn wir berechtigt sind zu jener Zeit unter den Tropen eine grössere Hitze als zu der unserigen und sonst überall eine höhere mittlere Temperatur als jetzt anzunehmen, so müssen wir uns auch eine grössere Expansivkraft der Wasserdünste, einen viel grösseren Contrast zwischen der Wärme an der Erdoberfläche und der Kälte in den höchsten Regionen des Luftkreises und darum auch stärkere Äusserungen der elektrischen und magnetischen Kräfte denken. Nehmen wir aber die sinnreiche thermo-voltaische Hypothese des Herrn De la Rive und Faraday über die Hervorbringung der Nordlichter an ¹⁾, so kommen wir zu dem Schlusse, dass diese Phänomene zu jener Zeit an den Polen eine Intensität haben mussten, die fast den ganzen Winter hindurch die Sonnenstrahlen ersetzen konnten. Wenn die grössere Hitze unter den Tropen schon eine solche Steigerung erzeugen würde, wie viel grösser müsste sie aber durch eine höhere mittlere Temperatur noch dazu in den andern Zonen werden. Dass dieser Ersatz auf keine Weise dem Pflanzenwuchs tödtlich sein konnte, scheint

¹⁾ Comptes Rendus Acad. Se. d. Paris 1849, B. 29, S. 413, od. Ann. d. Ch. et Phys. 1848, B. 25.

schon bewiesen zu sein, auch sind wohl am Ende die Sonnenstrahlen im Grunde nicht von jenen verschieden. Auf diese Art ersieht man, dass die gegen die Lehren der Astronomie verstossende Annahme von der Verschiebung der Erdaxe auch für die Möglichkeit der älteren Steinkohlenbildung in den Polargegenden ganz und gar nicht nothwendig ist. Es ist hohe Zeit, dass diese schlechte Hypothese aus der Geogenie verschwinde, die für dieselbe das ist, was das *Perpetuum mobile* in der Mechanik oder die Quadratur des Cirkels in der Mathematik.

Würden selbst Astronomen für die Anstossungen und Zertrümmerungen der Gestirne den mathematischen Beweis liefern, so möchten diese für die Erde dann noch möglichen Fälle wenigstens nicht häufig vorgekommen sein; *Kloeden's* und *Bouhepörn's* Fantasien blieben auf diese Weise ausgeschlossen und nur als letztes Auskunftsmittel zur Auflösung eines Räthsels würde man solche Katastrophen gebrauchen können.

Ich zweifle nicht im Mindesten, dass man bald auch zu ähnlichen numerischen Bestimmungen über die wahrscheinlichen mittleren und extremen Temperaturen der jüngeren geologischen Periode kommen wird. Man wird hiebei sowohl die bekannten Bedingungen der Temperatur für das Gedeihen der gefundenen Pflanzen- und Thiergattungen als auch die späteren Einflüsse der Continente und Gebirgszüge und die Ursachen des Vorhandenseins der Isothermen berücksichtigen müssen. Nur fleissig arbeiten und sammeln, und die geognostische Aufnahme eben so ins Detail treiben wie die Paläontologie. Mögen Manche sich jetzt darüber langweilen und über *Speciesmacherei* spotten, es wird die Zeit heran kommen, wo gerade alles dieses scheinbar Winzige nicht nur geläutert, sondern auch zu den wichtigsten Entdeckungen über die Paläo-Meteorologie und die Paläo-Orographie führen wird, indem es auch zu gleicher Zeit den wahren Schlüssel zu der Hervorbringung der jetzt noch so wunderbar scheinenden Reihenfolge des Organischen geben wird.

Bis jetzt haben wir durch unsere Kenntnisse der fossilen Pflanzen und Thiere nur erfahren, dass die ausgestorbenen ein tropisches und subtropisches Klima bis wenigstens in die Eocenperiode verkündigen. Doch dieses schliesst ganz und gar nicht eine allgemein verminderte Hitze-Auströmung von Seite der Erde aus, denn dieser Wärmeverlust konnte leicht durch die verschiedene Beschaffenheit

und Lage der trockenen Erdtheile ausgeglichen werden. Man weiss nämlich, dass die Wärme der tropischen Continente viel grösseren Variationen, als die der Insular-Theile ausgesetzt ist, und dass die mittlere jährliche Temperatur in ersteren höher als in letzteren steigt. Während der ganzen Flötzperiode gewannen augenscheinlich viele Inseln an Umfang, wenn auch andere verschwanden oder andere kleinere dazu kamen. Dann entstanden auch gewisse Gebirgsketten. Auf diese Weise wird es möglich zu begreifen, dass, obgleich die Erde sich doch noch etwas abkühlte, die mittlere Temperatur in den gemässigten Zonen, wenigstens bis zur mittleren Jurazeit oder selbst bis zur Kreide, noch von 20 bis 25° R. variiren konnte, indem in Polargegenden schon Eis und Schnee das ganze Jahr lag und diese Anhäufungen immer bedeutender wurden, je näher wir der Eocenzzeit vorrückten.

Unter den Tropen musste aber die Temperatur nicht mehr sehr verschieden von der jetzigen in jenen Zonen gewesen sein, weil wir sonst nicht so viele Thier- und Pflanzenüberreste in den Flötzschichten jener Gegenden finden würden. Würde es sich besonders bestätigen, dass die Permische und Muschelkalk-Formation in dem tropischen Amerika fehlen, oder dass wenigstens die sie ersetzenden Gebilde keine Versteinerungen oder nur sehr sparsam einige führen, so hätte man wieder Anlass an eine für das Leben in jenen Gegenden zu grosse Hitze zu jenen Zeiten vielleicht glauben zu können.

Auf der andern Seite, wenn wir uns erinnern, dass die jurassische Paläontologie nur auf solche Typen organischer Wesen hindeutet, wie wir sie noch heut zu Tage in Australien finden, so folgt wieder daraus, dass die mittlere Temperatur in den gemässigten Zonen jener Zeiten eine mehr insular-subtropische als tropische war. Doch konnte es in den subtropischen Gegenden ähnlicher Länder auch ziemlich hohe Gebirge gegeben haben, die ein sehr gemässigttes Klima oder selbst Schnee, wenigstens im Winter, aufzuweisen hatten. In den gemässigten Zonen waren aber keine Gletscher weder in der Jura-, noch in der Kreide- und Eocenz-Periode vorhanden, weil sie sonst erratische Blöcke zurückgelassen hätten, was nicht der Fall ist.

Das Ende dieses subtropischen Klimas, vielleicht nicht über 21° oder 23° R. mittlerer Temperatur, musste aber in den gemässigten Zonen nach der Eocenz-Periode aufhören, weil zu und nach jener

letzteren ungeheure Gebirgsketten vorzüglich in ostwestlichen Richtungen entstanden, die, mit der Vergrößerung der Continente gleiche Schritte haltend, die jetzigen Isothermen fast gänzlich herstellten und die Isothermen und Isochimenen ihre jetzige grösste Divergenz mittheilten.

Die miocene Periode vermittelte den Übergang von der subtropischen Temperatur während der Kreide- und Eocen-Zeiten zu der jetzigen und es herrschten schon sehr verschiedene Klimate nicht nur auf den Erdballe, sondern auch in einem und demselben Lande durch die verschiedene Höhe, welche verschiedene Erdtheile über das Meer einnahmen. Es gab kalte Waldgegenden wie gemässigte Ebenen, Schneeberge im Winter und wenigstens drückende Hitze im Sommer, wie im südlichen Europa.

In der Pliocen-Zeit waren die Temperatur-Verhältnisse fast überall die jetzigen, aber später durch Versenkungen gewisser Theile der Erdrinde gegen die Pole, machte sich die bis dahin weniger verspürte Polarkälte in den gemässigten Zonen fühlbar. Das Eismeer erstreckte sich südlicher, oder fand Mittel sein Wasser mit dem anderer Meere der gemässigten Zonen zu mischen, oder verminderte wenigstens in letzteren die jetzige vorhandene mittlere Temperatur um einige Grade. Manche Gebirgszüge vereisten, es bildeten sich Moränen und erratische Blöcke auf beiden Seiten des Äquators namentlich bis zum 35° nördlicher und 40° südlicher Breite. Spätere Continental-Hebungen entfernten diese abkühlenden Wasser- und Luftströmungen und nach und nach traten wieder die Pliocen- oder jetzigen Temperatur-Verhältnisse ein. Darum sind auch die organischen Überreste im erratischen Gebilde nur solche der jetzt noch lebenden Pflanzen und Thiere.